

Продолжение. Начало в № 4'2009

Конвенциональные технологические радиосети

обмена данными повышенной надежности
и живучести. Часть 3

Сергей Маргарян
Александр Харламов, к. т. н.
Алексей Хромцев
Алексей Сабунин

Вычислительный комплекс системы управления технологической радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести

Надежность функционирования технологических радиосетей обмена данными и их живучесть напрямую и тесно связаны с работой вычислительных комплексов информационных систем, эксплуатацию которых они обеспечивают. Кроме того, средства оперативного мониторинга и контроля технического состояния технологических радиосетей интенсивно используют вышеуказанные вычислительные комплексы. В связи с этим при построении таких радиосетей необходимо уделять внимание созданию вычислительной инфраструктуры с повышенной надежностью и живучестью.

Способы повышения надежности и живучести вычислительных комплексов хорошо известны и достаточно широко освещаются в специальной литературе. Поэтому в статье рассматриваются только отдельные решения на основе технологий виртуализации американской компании Marathon Technologies, получившие практическое применение в ответственных приложениях и, по мнению автора, представляющие определенный интерес при создании автоматизированных систем, использующих операционные системы компании Microsoft.

Рассматриваемые технологии представляют собой программные решения, предназначенные для повышения надежности функционирования и живучести информационных систем для ответственных приложений, в том числе предусматривающих использование технологических радиосетей обмена данными. В первую очередь к этой категории относятся системы оперативно-диспетчерского управления служб общественной безопасности и всех видов транспорта, включая трубопроводный.

Основными функциональными областями использования описанных ниже решений являются:

- автоматизированное управление технологическими процессами (АСУ ТП);
- автоматизированные системы управления предприятием (АСУП);
- почтовые системы (электронная почта);
- центры обработки вызовов;
- серверы баз данных, требующие повышенной надежности;
- ответственные бизнес-процессы;
- файловые серверы;
- web-хостинг.

Поскольку для выполнения этих функциональных задач широко применяются операционные системы общего назначения компании Microsoft, применение дополнительных средств повышения надежности и живучести представляется весьма целесообразным.



Общие принципы построения вычислительных комплексов повышенной надежности и живучести

Наиболее широко распространенным программно-техническим решением, обеспечивающим высокую надежность и живучесть вычислительного комплекса, является технология создания кластерных компьютерных систем («кластеров»). Типовой кластер представляет собой два или группу физических серверов («узлов кластера»), объединяемых между собой. Специальное управляющее программное обеспечение запускается на всех серверах и постоянно контролирует работоспособность каждого сервера в кластере. Целостность данных обеспечивается использованием общей

внешней памяти (дискового пространства). В случае выхода из строя одного из серверов кластера выполнение работавших на нем приложений автоматически переносится на другой сервер (рис. 14). Обычно функция переноса приложения происходит с прерыванием работы приложения, продолжительность которого занимает от единиц до нескольких десятков минут. В отдельных случаях, когда перенос выполняется некорректно, эта процедура занимает значительно больше времени. Корректный автоматический перенос приложения возможен, как правило, только в том случае, если само приложение написано и сконфигурировано с учетом автоматического повторного запуска на другом узле кластера,

то есть подготовлено для работы в составе вычислительного комплекса, имеющего кластерную архитектуру. Вычислительные комплексы с такой архитектурой имеют специальную настройку, индивидуальную для каждой конфигурации. Причины некорректного переноса приложений могут заключаться в работе как технических, так и программных средств. При этом основные задержки обычно связаны с функционированием драйверов устройств, которые написаны без учета требований, предъявляемых системами повышенной надежности и живучести. После восстановления работоспособности вышедшего из строя кластерного узла приложение переносится обратно, и первоначальная конфигурация кластера восстанавливается. Данная процедура

Таблица 6. Сравнительные возможности технических решений повышенной надежности и живучести

Основные свойства систем высокой готовности	Marathon everRun	Microsoft Cluster Services	Veritas Cluster Server
Защита данных	Да, данные «зеркалируются» на отдельных серверах	Да, при использовании единого дискового массива	Да, при использовании единого дискового массива
Защита прикладных программ	Да, исключаются простои в случае сбоя в работе приложения	Нет, простой от нескольких до нескольких десятков минут для переноса данных на другой узел кластера	Нет, простой несколько минут для переноса данных на другой узел кластера
Защита операционной системы	Да, сбой в работе ОС на любом сервере не оказывает влияния на работу системы	Нет, сбой в работе ОС приводит к остановке выполнения приложений	Нет, сбой в работе ОС приводит к остановке выполнения приложений
Непрерывность работы	Да, работа не прекращается в случае программного или аппаратного сбоя на одном из серверов	Нет, простой от единиц до нескольких десятков минут для переноса данных на другой узел кластера. Восстановление кластера требует дополнительного времени	Нет, простой несколько минут для переноса данных на другой узел кластера. Восстановление кластера требует дополнительного времени
Отсутствие единых точек отказа	Да, работа не прекращается в случае программного или аппаратного сбоя на одном из серверов	Нет, диск для хранения служебной информации	Нет, общий дисковый массив
Специальная подготовка администратора	Не требуется, администрируется как обычный Windows Server	Требуется специальная подготовка для написания скриптов, конфигурирования и сопровождения	Требуется специальная подготовка для настройки, конфигурирования и управления. Администрирование с помощью программного пакета Veritas management tools & utilities
Специальная подготовка системы	Не требуется, установка выполняется стандартными средствами, сопровождение после установки не предусматривается	Требуется, для конфигурирования необходима подготовка специальных скриптов и проверка правильности их функционирования	Требуется, для конфигурирования необходима подготовка специальных скриптов и проверка правильности их функционирования
Автоматическое восстановление после сбоя	Да, восстановленный сервер автоматически выполняет синхронизацию и «зеркалирование» данных с рабочим сервером. Вмешательство администратора не требуется. Максимально сокращается период функционирования системы в «незащищенной» конфигурации (на одном сервере)	Нет, требуется дополнительное время для восстановления кластера. В связи с тем, что период восстановления может быть достаточно продолжительным, его выполнение производится во время технологического перерыва. В результате система может функционировать в «незащищенной» конфигурации на протяжении длительного периода времени	Нет, требуется дополнительное время для восстановления кластера. В связи с тем, что период восстановления может быть достаточно продолжительным, его выполнение производится во время технологического перерыва. В результате система может функционировать в «незащищенной» конфигурации на протяжении длительного периода времени
Специальные требования к приложениям	Нет, поддерживает функционирование всех стандартных приложений	Да, функционирующие приложения должны быть адаптированы для работы в составе кластера	Да, поддержка отдельных приложений выполняется с помощью специальных агентов
Особые требования к аппаратному обеспечению	Нет, функционирует на стандартных серверах и типовом сетевом оборудовании	Да, требуется выделенный диск для хранения служебной информации, подключаемый обычно по интерфейсу Fiber Channel. Рекомендуется использование единого дискового массива	Да, необходимо использование единого дискового массива
Дополнительное программное обеспечение	Нет, защита любого стандартного ПО производится автоматически	Да, требуется адаптированное для работы в составе кластера ПО. Требуется использование специализированной ОС Windows Enterprise	Да, необходимы специальные агенты для работы с отдельными приложениями
Живучесть	Да, территориальное разнесение серверов позволит обеспечить непрерывную работу в случае физического уничтожения одного из них	Нет, для повышения живучести используются решения других разработчиков	Да, за дополнительную плату обеспечивается сопряжение узлов кластера по каналам глобальных информационных сетей. Требуется выделенный волоконно-оптический канал связи между серверами (в противном случае обеспечивается репликация только асинхронных данных)

Таблица 7. Сравнительные данные о различных системах повышенной надежности и живучести

Основные свойства системы	Marathon everRun	Microsoft Cluster Services	Veritas Cluster Server
Защита данных	Да	Да	Да
Защита прикладных программ	Да	Нет	Нет
Защита операционной системы	Да	Нет	Нет
Отсутствие общих точек отказа	Да	Нет	Нет
Наличие общего диска	Нет	Да	Нет*
Меньшая стоимость лицензий приложений	Да	Нет	Нет
Специальная подготовка системы	Нет	Да	Да
Переход приложения на другой узел без перерыва работы	Да	Нет	Нет
Поддержка мультипроцессорности	Да	Да	Да
Специальная подготовка администратора	Нет	Да	Да
Автоматическое восстановление после сбоя	Да	Необходим «откат»	Необходим «откат»
Специальные требования к приложениям	Нет	Нужны дорогостоящие «кластерные» приложения	Поддержка специфичных приложений масштаба предприятия
Катастрофоустойчивость	Да (до 160 км)	Нет	Да*
Использование неидентичных узлов	Да	Не рекомендуется	Да

Примечание. * – необходимо применение Veritas Volume Replicator.

также требует времени, поэтому выполняется, как правило, в период отключения вычислительного комплекса или во время наименьшей нагрузки на него. В этом случае до завершения процедуры восстановления первоначальной конфигурации работа приложений производится на вычислительном комплексе, имеющем относительно низкие параметры надежности и живучести.

Кластеры обеспечивают достаточно высокую надежность и живучесть вычислительного комплекса. Однако они имеют единую точку отказа, которой является общее дисковое пространство и накопитель на жестком магнитном диске, на котором хранятся данные о настройке и состоянии кластера.

Информация о сравнительных возможностях некоторых технических решений повышенной надежности и живучести представлена в таблице 6.

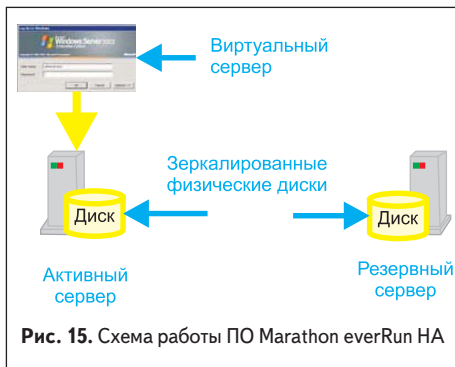
Судя по данным, приведенным в таблице, очевидны преимущества ПО Marathon everRun по сравнению с другими распространенными решениями высокой готовности. Совокупная стоимость владения (total cost of ownership, TCO) систем на основе everRun значительно ниже, чем у других систем высокой готовности, при более строгих параметрах надежности и живучести.

Достаточно сопоставить возможные убытки от перерыва в работе или потери жизненно важных данных с затратами на внедрение продукта, чтобы сделать правильный выбор в пользу решения, обеспечивающего повышенную надежность и живучесть. Сравнительные данные о различных системах повышенной надежности и живучести представлены в таблице 7.

В настоящее время в ответственных информационных системах часто применяются технические решения, обеспечивающие более высокие по сравнению с кластерами параметры надежности и живучести. Значительная часть таких решений строится на программных продуктах Marathon everRun FT (Fault Tolerant), everRun HA (High Availability), everRun DR (Disaster Recovery), everRun VM (Virtual Machine) и everRun 2G (Second Generation).

Информационные системы повышенной надежности и живучести обычно состоят из двух или четырех физических серверов на базе

процессоров Intel или AMD с собственным дисковым пространством, являющихся узлами системы. Серверы работают под управлением ПО Marathon everRun и стандартного издания MS Windows Server или Citrix XenServer в качестве ОС нижнего уровня. Marathon everRun создает виртуальную среду, в которой приложения выполняются на одном сервере или паре серверов, а на втором или другой группе серверов производится синхронизация всех данных в режиме реального времени. Схема работы ПО на примере Marathon everRun HA представлена на рис. 15.



В случае отказа или сбоя элемента работающего узла информационная система использует соответствующий элемент второго. Для пользователей такой переход абсолютно незаметен. Данные о порядке работы Marathon everRun HA при сбое накопителя на жестком магнитном диске (НЖМД) представлены на рис. 16.



Только при полном выходе из строя одного из узлов виртуальный сервер автоматически переходит на работоспособный узел. Данные о порядке работы Marathon everRun HA при сбое узла представлены на рис. 17.



В отличие от кластеров, которые не обеспечивают непрерывности вычислений и требуют относительно продолжительного перерыва в обслуживании пользователей при выходе из строя одного из узлов, в everRun HA отсутствуют общие точки отказа, такие как разделяемое дисковое пространство, и выход из строя отдельных компонентов узла не приводит к перерыву в работе сервера.

К числу преимуществ everRun относятся:

- **Простота.** Это единственная технология высокой готовности, которая так же легка для администрирования, как и единый сервер. Установка и эксплуатация everRun не требует дорогостоящей специальной подготовки персонала.
- **Минимальное время простоя.** Отказы элементов серверов практически никак не влияют на производительность и целостность данных.
- **Экономичность.** Более низкая стоимость системы в целом по сравнению с кластерами и другими системами высокой готовности.
- **Катастрофоустойчивость.** Работоспособность сервера сохраняется даже при физическом уничтожении одного из узлов. При этом узлы могут географически находиться на разных этажах здания, в разных зданиях или даже в разных городах.
- **Полная защита информации.** Данные не теряются даже в переходных процессах в случае отказа одного из узлов.

Таблица 8. Сравнительные данные о различных решениях повышенной надежности и живучести на платформе everRun

Параметр	everRun					
	FT-2G	HA-2G	VM-2G	FT	HA	DR
Отсутствие отказа в доступе к ресурсам сервера при любых отказах оборудования	+	-	-	+	-	-
Поддержка многопроцессорности	-	+	+	-	+	+
Поддержка нескольких виртуальных серверов	+	+	+	-	-	+
Катастрофоустойчивость (с опцией SplitSite)	+	+	+	+	+	+
Citrix XenServer в качестве ОС нижнего уровня	+	+	+	-	-	+
Windows Server в качестве ОС нижнего уровня	-	-	-	+	+	+
Защита любого Windows-приложения	+	+	+	+	+	-
Защита данных	+	+	+	+	+	+
Поддержка Windows server 2008 на виртуальном сервере	+	+	+	-	-	+
Поддержка 64-разрядной версии Windows server на виртуальном сервере	+	+	+	-	-	+
Поддержка локализованной версии Windows server на виртуальном сервере	+	+	+	-	-	+
Мониторинг состояния устройств, непосредственно подключенных к физическим узлам системы, и управление ими (RAID, ИБП и т. п.)	-	-	-	+	+	+
Максимальное количество физических узлов в системе	4	4	4	2	2	-
Количество узлов, одновременно защищающих один виртуальный сервер	2	2	2	2	2	-
Автоматическое восстановление данных и состояния системы после устранения причин сбоя	+	+	+	+	+	+
Защита RHEL, SuSE, CentOS, AIX, Solaris, HP-UX	-	-	-	-	-	+

• **Открытая архитектура.** Все компоненты системы абсолютно стандартны. В системе не требуется применение специальных аппаратных средств, модифицированных или специально написанных для кластерной среды приложений и специальных драйверов устройств.

ПО everRun поддерживает современные технологии в области создания информационных систем, включая серверы «лезвия» и системы хранения данных SAN (Storage Area Network), DAS (Direct Attached Storage), NAS (Network Attached Storage).

Сравнительные данные о различных решениях повышенной надежности и живучести на платформе everRun представлены в таблице 8.

ПО Marathon everRun DR — это надежное и гибкое средство восстановления критически важных данных и приложений после катастроф, обеспечивающее автоматическую и надежную защиту данных на больших расстояниях. Работа everRun DR предусматривает удаленную защиту данных и автоматический перехват управления при отказе или восстановлении данных и приложений, что гарантирует непрерывность вычислений при любого рода сбоях на узле. Marathon everRun DR добавляет возможности

удаленного восстановления после катастроф для локального узла и отказоустойчивую защиту удаленно размещенных серверов при помощи дополнительной опции SplitSite. Вариант реализации everRun DR представлен на рис. 18.

Технология everRun DR расширила диапазон не только средств восстановления в реальном масштабе времени, но и средств восстановления по задаваемым событиям. ПО everRun DR позволяет отмечать определенные события закладками и использовать их для быстрого восстановления или для выбора точки перехвата управления при отказе. В отличие от технических решений, которые просто добавляют метку времени к каждому блоку данных для обеспечения возможности их восстановления, everRun DR распознает состояние приложения, организуя проведение последовательного восстановления. Такой алгоритм функционирования позволяет восстанавливать данные от определенного события или от определенного момента времени и быть уверенными, что приложение запустится корректно.

ПО everRun DR может защищать конфигурации виртуальных серверов, равно как и копировать данные в целевую конфигурацию виртуально-

го сервера, что дает возможность экономить средства при их объединении.

Таким образом, современные технологии позволяют создавать сложные интегрированные информационные системы повышенной надежности и живучести, которые можно применять для обеспечения функционирования важных приложений, в том числе с использованием технологических радиосетей обмена данными.

Узкополосные межведомственные интегрированные технологические радиосети обмена данными для транспортного комплекса

Одним из перспективных направлений развития узкополосных радиосетей обмена данными является разработка технических решений для создания интегрированных технологических радиосетей (ИТРС), которые могут эксплуатироваться одновременно пользователями различной ведомственной принадлежности и обеспечивать исключение компрометации передаваемой в радиосети информации за счет разграничения доступа к транслируемым в радиосети данным. Как правило, такие интегрированные радиосети позволяют поддерживать связь с подвижными

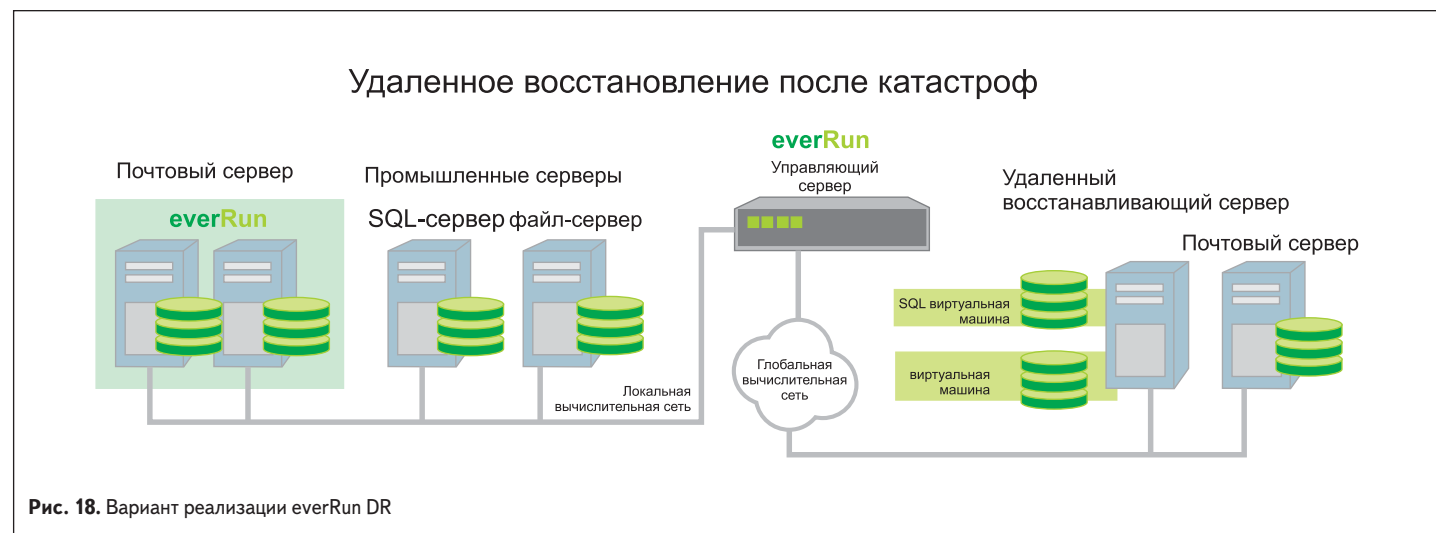


Рис. 18. Вариант реализации everRun DR

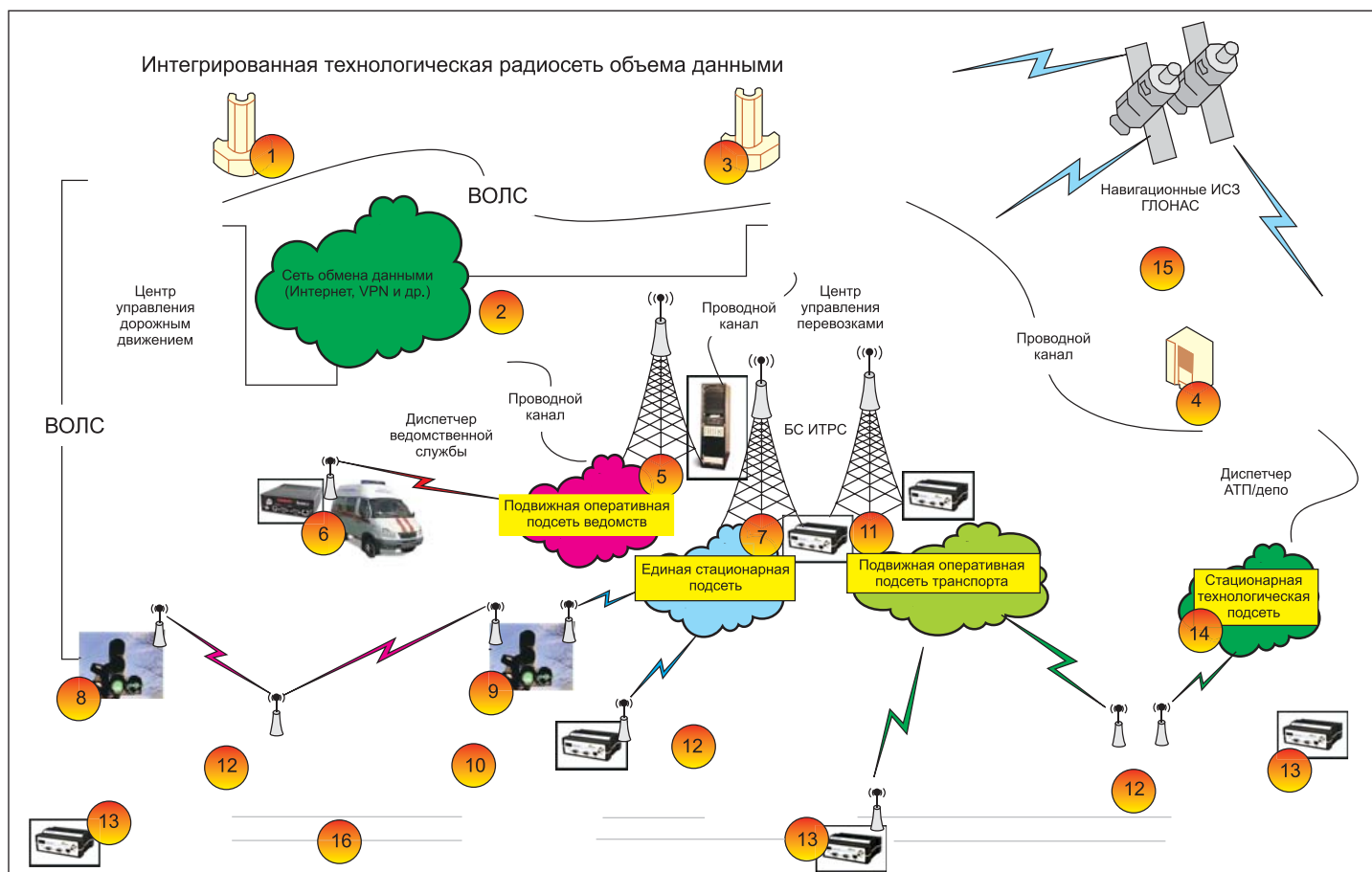
и стационарными объектами и используют для обмена универсальный IP-протокол, позволяющий сделать доступ к радиосети прозрачным для различных приложений, способных успешно функционировать в обычных локальных вычислительных сетях (ЛВС).

Интегрированные радиосети могут в полной мере использовать описанные в статье решения, направленные на повышение их надежности и живучести. Вместе с тем они обладают дополнительными преимуществами, поскольку строятся на единых технических принципах и используют единую инфраструктуру. Кроме того, правильное распределение функций между владельцами сетей с учетом специфических возможностей каждого из них позволяет упростить выполнение организационно-технических мероприятий, связанных с их эксплуатацией. Например, в случае создания единой сети для всех служб общественной безопасности города

каждая из служб может обеспечивать эксплуатацию собственного сегмента радиосети, отдельные службы — отвечать за эксплуатацию совместно используемых сегментов, а подразделения МВД — осуществлять физическую охрану всех объектов, на которых размещается аппаратура связи. Радиочастотный ресурс для создания ИТРС может выделяться всеми службами общественной безопасности с учетом возможностей каждой из служб, а использоваться в зависимости от текущих потребностей каждой из них. Наиболее сложным в реализации такого подхода представляется слабое межведомственное взаимодействие и существующие правила и особенности финансирования служб общественной безопасности, однако и эти проблемы не являются непреодолимыми, если задача решается в рамках муниципального образования или субъекта Российской Федерации.

Вариант интегрированной технологической радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести представлен на рис. 19. Радиосеть имеет следующие функциональные узлы и возможности:

1. Вычислительный узел Центра управления дорожным движением.
2. Диспетчеры ведомственной службы (служб общественной безопасности).
3. Вычислительный узел Центра управления.
4. Вычислительный комплекс диспетчерского пункта пассажирского автотранспортного предприятия или трамвайно-троллейбусного депо.
5. Базовая инфраструктура подвижной оперативной подсети ИТРС обмена данными.
6. Бортовое оборудование подвижной оперативной подсети ИТРС обмена данными.
7. Базовая инфраструктура единой стационарной подсети обмена данными, реализованная на радиомодемах Viper-100/400.



Условные обозначения:

БС ИТРС	Базовая станция Интегрированной технологической радиосети (ИТРС) обмена данными		Радиомодем базовой станции ParagonG3 подвижной технологической подсети ведомств (служб общественной безопасности)
ВОЛС	Волоконно-оптическая линия связи		Бортовой радиомодем GeminiG3 подвижной технологической подсети ведомств (служб общественной безопасности)
			Радиомодем Viper-100/400 подвижной и стационарной технологической подсети транспорта (пассажирского)
			Бортовой радиотехнический комплекс «Кама» (пассажирского транспорта)

Рис. 19. Интегрированная технологическая радиосеть обмена данными

8. Интеллектуальный светофорный комплекс, подключенный по волоконно-оптической линии связи.
 9. Интеллектуальный светофорный комплекс, подключенный по радиоканалу Единой стационарной подсети.
 10. Информационный комплекс остановочного пункта.
 11. Базовая инфраструктура подвижной оперативной подсети обмена данными транспорта, реализованная на радиомодемах Viper-100/400.
 12. Бортовой радиотехнический комплекс пассажирского транспорта.
 13. Бортовой радиомодем Viper-100/400.
 14. Стационарная технологическая подсеть предприятия пассажирского транспорта.
 15. Спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС/GPS «Навстар».
 16. Городская маршрутная сеть.
- Предполагается, что ИТРС обслуживает подвижные дежурные силы и функционирование объектов инфраструктуры Министерства транспорта (пассажирского транспорта), Министерства внутренних дел, Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, а также городских аварийных служб муниципальных образований в повседневной деятельности и при проведении совместных операций (специального транспорта подвижных дежурных сил).
- Вычислительный узел Центра управления дорожным движением реализуется на базе серверов повышенной надежности и живучести с использованием технологий виртуализации Marathon everRun с физическим разнесением вычислительных узлов. Он сопрягается с вычислительным узлом Центра управления перевозками. Доступ к инфраструктуре ИТРС обеспечивается по выделенным проводным каналам связи. Центр управления дорожным движением осуществляет управление светофорными комплексами с учетом реальной дорожной обстановки. Связь со светофорными комплексами организуется по ВОЛС и/или радиоканалам единой стационарной подсети. Управление светофорами организуется с учетом поступающих в реальном масштабе времени данных от Центра управления перевозками и транспортных средств (пассажирского и специального транспорта), находящихся на маршрутах движения.
- Диспетчеры ведомственной службы (служб общественной безопасности) подключаются к Центру управления дорожным движением и Центру управления перевозками по выделенным каналам связи или существующим каналам связи общего пользования. Они имеют доступ к инфраструктуре Интегрированной технологической радиосети обмена данными по выделенным проводным каналам связи и взаимодействуют с Центром управления дорожным движением в части приоритетного пропуска транспорта подвижных дежурных сил служб общественной безопасности на регулируемых дорожных перекрестках с учетом реально складывающейся оперативной и дорожной обстановки. Вычислительный узел Центра управления перевозками реализуется на базе виртуальных

серверов повышенной надежности и живучести Marathon everRun с физическим разнесением вычислительных узлов. Он сопрягается с вычислительным узлом Центра управления дорожным движением, формируя единый вычислительный комплекс. Доступ к инфраструктуре Интегрированной технологической радиосети обмена данными обеспечивается по выделенным проводным каналам связи. Вычислительный узел обеспечивает мониторинг, оперативно-диспетчерское управление и формирование всех участников перевозочного процесса, включая пассажиров на остановках общественного транспорта. Он взаимодействует с Центром управления дорожным движением в части приоритетного пропуска пассажирского транспорта на регулируемых дорожных перекрестках с учетом реальных потребностей. Вычислительный комплекс диспетчерского пункта пассажирского автотранспортного предприятия или трамвайно-троллейбусного депо решает задачи, связанные с выделением транспортных средств и поддержанием их готовности к выполнению пассажирских перевозок в процессе их выполнения под руководством Центра управления перевозками. Он получает полную информацию о работе пассажирского транспорта в масштабе времени, близком к реальному.

Базовая инфраструктура подвижной оперативной подсети ИТРС обмена данными обеспечивает обмен данными средств дежурных подвижных сил служб общественной безопасности с диспетчерами ведомственной службы и между собой. Она создается на специализированной базовой аппаратуре передачи данных, радиомодемах ParagonG3, обеспечивающих обмен данными в движении со скоростью 64–128 кбит/с с использованием IP-протокола.

Бортовое оборудование подвижной оперативной подсети ИТРС обмена данными реализуется на специализированной бортовой аппаратуре передачи данных, радиомодемах GeminiG3, обеспечивающих обмен данными в движении со скоростью 64–128 кбит/с с использованием IP-протокола.

Базовая инфраструктура единой стационарной подсети обмена данными, реализованная на радиомодемах Viper-100/200/400, обеспечивает обмен данными со скоростью 32–128 кбит/с с использованием IP-протокола. Она используется для обеспечения связи со светофорными комплексами (включая временные), не имеющими постоянной проводной связи, а также информационными средствами остановочных пунктов пассажирского транспорта. Каналы стационарной подсети обмена данными обеспечивают выполнение функций сбора данных и управления работой светофорных комплексов в интересах организации приоритетного пропуска через регулируемые дорожные перекрестки пассажирского и специального транспорта, а также трансляции данных о расписании и реальных графиках движения пассажирского транспорта в интересах информирования населения на остановках.

Интеллектуальный светофорный комплекс, подключенный по волоконно-оптической линии связи, обеспечивает получение данных от бортового радиотехнического комплек-

са пассажирского транспортного средства и их трансляцию в адрес Центра управления перевозками по волоконно-оптической линии связи в интересах принятия решения о приоритетном пропуске через регулируемый дорожный перекресток.

Интеллектуальный светофорный комплекс, подключенный по радиоканалу Единой стационарной подсети, обеспечивает получение данных от бортового радиотехнического комплекса пассажирского транспортного средства и их трансляцию в адрес Центра управления перевозками по каналам Единой стационарной подсети в интересах принятия решения о приоритетном пропуске через регулируемый дорожный перекресток.

Информационный комплекс остановочного пункта обеспечивает информирование населения на остановках и предоставление информации о расписаниях и реальных графиках движения пассажирского транспорта, а также любой другой информации, включая рекламу. Он является составным элементом городской системы оповещения населения в чрезвычайных ситуациях.

Базовая инфраструктура подвижной оперативной подсети обмена данными пассажирского транспорта, реализованная на радиомодемах Viper-100/400, обеспечивает обмен данными со скоростью 32 кбит/с с использованием IP-протокола средств пассажирского транспорта с диспетчерами Центра управления перевозками и между собой. Она используется для обеспечения мониторинга и оперативно-диспетчерского управления пассажирскими перевозками, включая перевозки речным транспортом.

Бортовой радиотехнический комплекс пассажирского транспорта, оснащенный техническими средствами, обеспечивающими работу в составе подвижной оперативной подсети ИТРС обмена данными со скоростью 32 кбит/с и стационарной технологической подсети автотранспортных предприятий и трамвайно-троллейбусных депо со скоростью до 54 Мбит/с, позволяет организовать оперативный обмен данными с диспетчером Центра управления перевозками и автоматическую связь с аппаратурой светофорных комплексов в интересах организации приоритетного пропуска через регулируемые дорожные перекрестки, а также автоматический обмен служебной информацией с вычислительным комплексом транспортного предприятия при выходе и возвращении в парк или депо.

Бортовой радиомодем Viper-100/400 обеспечивает обмен данными с вычислительным комплексом и диспетчерами Центра управления перевозками по радиоканалам подвижной оперативной подсети транспорта на скорости 32 кбит/с. Он используется для трансляции навигационных и телеметрических данных, команд управления и сигналов оповещения. Стационарная технологическая подсеть предприятия пассажирского транспорта обеспечивает автоматический обмен данными с бортовым радиотехническим комплексом в интересах поддержания в актуальном состоянии технологической информации на борту, а также съема данных о результатах эксплуатации

за заданный период. Позволяет организовать обмен данными в автоматическом режиме по IP-протоколу на скорости до 54 Мбит/с и автоматический сбор данных с борта пассажирских транспортных средств на территории парка или депо.

Спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС/GPS «Навстар» выполняет функции навигационного обеспечения функционирования пассажирского и специального транспорта.

Городская маршрутная сеть формируется с учетом объективных данных о пассажиропотоках. Движение организуется по единому согласованному графику для автомобильного и электрического транспорта с учетом требований по обеспечению интермодальности перевозок (согласованности с возможностью выбора наиболее подходящего варианта для конкретного пассажира), включая расписание движения авиационного и речного (морского) транспорта.

Широкие возможности радиосети позволяют эффективно использовать ее в интересах решения задач эвакуации населения в чрезвычайных ситуациях, а также обеспечения мобилизационного развертывания вооруженных сил в особый период.

В рассматриваемом варианте интегрированная технологическая радиосеть обмена данными становится компонентом единой городской информационной инфраструктуры. Она обеспечивает взаимодействие между подвижными силами и средствами различной ведомственной принадлежности и функционирование стационарных элементов городской и транспортной инфраструктуры. Радиосеть используется для решения различных функциональных задач, поэтому в ее составе применяются аппаратно-программные средства с различными техническими характеристиками, выбор которых производится исходя из требований решения конкретных задач. Поскольку основная часть вышеуказанных задач относится к категории ответственных, при создании радиосети должно быть предусмотрено выполнение требований к ее повышенной надежности и живучести.

Особенности построения подвижных узкополосных технологических радиосетей обмена данными

На протяжении многих лет организации и ведомства использовали профессиональную мобильную радиосвязь (ПМР) в интересах обеспечения работы служб общественной безопасности, предприятий промышленности и транспорта. Значительные ресурсы были вложены в развитие узкополосных аналоговых технологических¹ голосовых радиосетей. В настоящее время осуществляется их модернизация и одновременно проводится развертывание новых радиосетей с использованием цифрового оборудования, которое позволяет повысить безопасность, пропускную способность и функциональные возможности таких радиосетей.

Современные узкополосные цифровые технологические радиосети, наряду с передачей голосовых сообщений, позволяют осуществлять

обмен данными, что существенно повышает их эффективность. Наиболее широкими возможностями по обмену данными располагают конвенциональные радиосети, создаваемые с использованием специализированной аппаратуры передачи данных. Такие радиосети обеспечивают увеличение пропускной способности и более эффективное использование радиочастотного спектра, в том числе в условиях повышенного уровня внешних помех.

Новые функциональные возможности технологических радиосетей обусловили их активное использование в интересах обеспечения работы подвижных дежурных сил служб общественной безопасности. Реальное применение радиосетей обмена данными позволило создать надежную и гибкую систему управления подчиненными силами и средствами непосредственно в районах их использования с максимальной автоматизацией процессов мониторинга, оперативного управления и информационного обеспечения. Современные автоматизированные системы оперативно-диспетчерского управления позволяют существенно сократить сроки реагирования на возникающие чрезвычайные ситуации, эффективно координировать действия служб общественной безопасности в ходе совместных операций по предотвращению террористических актов, ликвидации последствий аварий и катастроф, при тушении пожаров, пресечении несанкционированных митингов и демонстраций, обеспечении безопасности массовых мероприятий, борьбе с преступными группировками и в повседневной деятельности.

Устойчивое управление и оперативное оповещение о складывающейся обстановке дают возможность повысить результативность проводимых мероприятий, перераспределить численность обеспечивающих сил, работающих в стационарных условиях и действующих непосредственно в районе оперативного назначения в пользу последних.

Автоматизация процесса управления подвижными силами позволяет сократить временные затраты личного состава подвижных подразделений (например, экипажей машин патрульно-постовой службы) на выполнение своих функциональных обязанностей и снизить нагрузку на диспетчеров и операторов пунктов управления (например, дежурных частей МВД). По результатам практического внедрения автоматизированных систем управления, использующих технологические радиосети обмена данными, в службах общественной безопасности удается сократить численность диспетчеров не менее чем в два раза и увеличить время работы личного состава подвижных подразделений непосредственно на постах и маршрутах патрулирования не менее чем на один час за счет обеспечения возможности автоматизированного формирования отчетов о проделанной работе непосредственно в районах выполнения функциональных задач. Улучшение информированности и оперативности оповещения подвижных дежурных сил позволяет не только повысить результативность их работы, но и практически увеличить безопасность личного состава.

С технической точки зрения узкополосная технологическая радиосеть обмена данными может полностью повторять архитектуру голосовой радиосети. Однако в связи с тем, что в ее составе используются только автомобильные терминалы, имеющие более высокую выходную мощность, оперативная зона каждой базовой станции, функционирующей на одинаковых с голосовой базовой станцией радиочастотах, будет иметь более обширную оперативную зону. Это означает, что при построении новой радиосети для ее создания требуется меньше базовых станций и магистральных каналов связи, подключающих базовые станции к пунктам управления. К магистральным каналам связи предъявляются более низкие требования к пропускной способности, что существенно снижает стоимость инфраструктуры технологической радиосети обмена данными и упрощает ее по сравнению с голосовой. В случае развертывания аппаратуры на позициях базовых станций уже имеющейся голосовой радиосети формируемые соседними базовыми станциями оперативные зоны могут иметь значительное перекрытие, что обеспечит более высокую надежность создаваемой радиосети и возможность гибкого перераспределения информационных потоков между соседними базовыми станциями, имеющими перекрывающиеся оперативные зоны.

Технологические радиосети обмена данными первого поколения строились на базе существовавших радиосетей ПМР и использовали единый радиочастотный ресурс. Скорость обмена данными в таких радиосетях достигала 9,6 кбит/с. Голосовые сообщения имели приоритет, а данные передавались в паузах между переговорами. При невысокой загрузке канала связи оба вида связи (обмен голосовыми сообщениями и данными) функционировали достаточно надежно, но при пиковых нагрузках передача данных производилась с большими задержками либо вообще прекращалась.

Информационная пропускная способность канала обмена данными существенно выше голосового, например, трансляция страницы текста формата А4 по каналу передачи данных на скорости обмена 64 кбит/с занимает несколько секунд, в то время как для передачи и приема того же текста в виде голосового сообщения потребуется не менее 20 минут. Поэтому с внедрением функции передачи данных пропускная способность смешанной радиосети значительно возрастает. По мере освоения абонентами функций обмена данными количество и объем голосовых сообщений в такой радиосети сокращается, увеличивая возможности по обмену данными. Поэтому при проектировании радиосетей, в которых предусматривается обмен голосовыми сообщениями и данными, следует учитывать перераспределение загрузки в процессе их эксплуатации в сторону данных.

Фактически объем передаваемых данных в современных подвижных узкополосных технологических радиосетях быстро растет (что связано с развитием информационных систем и автоматизацией процессов обработки информации), а относительный объем голосовой информации — сокращается. Поскольку каждый из вышеупомянутых видов информации определяет различные требования

¹ Ранее назывались ведомственными и корпоративными радиосетями.

к техническим характеристикам и оперативным возможностям радиосети, современные решения предполагают создание отдельных узкополосных радиосетей для каждого вида информации. Такие решения не соответствуют общемировым тенденциям для проводных информационных сетей, которые ориентированы на обмен мультимедийной информацией, и даже направлениям развития радиосетей сотовой связи общего пользования, в которых, наряду с расширением возможностей по передаче данных, одним из основных видов информации остаются речевые сообщения. Это связано, с одной стороны, с тем, что скорость обмена данными в узкополосных радиосетях практически достигла своего теоретического предела, а с другой — с невозможностью расширения полосы пропускания (современные широкополосные системы весьма «прожорливы» и требовательны к радиочастотным ресурсам, в то время как узкополосные довольствуются малым радиочастотным ресурсом, весьма рационально и эффективно используя выделенные полосы). Выделение отдельных радиосетей или каналов радиосети для обмена голосовой информацией

или данными (в том числе мультимедийными) позволяет оптимизировать их работу и организовать ее с учетом особенностей и требований, предъявляемых каждым видом информации. Наиболее эффективными для обмена голосовыми сообщениями считаются транковые радиосети (включая цифровые), а для обмена данными — конвенциональные. Наличие на борту транспортного средства одновременно аппаратуры транковой и конвенциональной радиосети позволяет разделить потоки информации и обеспечить резервирование каналов связи (при выходе из строя или сбоя в работе одной из радиосетей вторая будет продолжать функционировать). Тем самым обеспечивается повышение надежности и живучести системы связи, функционирующей на узкополосных радиоканалах. Конвенциональные радиосети обмена данными могут строиться по всем применяемым в ПМР схемам, включая многобазовые радиосети, формирующие общую зону покрытия и обеспечивающие надежное функционирование подвижных объектов во всей зоне. При проектировании и развертывании таких радиосетей необходимо

правильно оценивать их пропускную способность, учитывать необходимость реализации функции бесшовного перевода подвижных объектов на работу с базовыми станциями соседней зоны при их перемещении в эту зону, применять оборудование с помехоустойчивым кодированием, возможностью коррекции ошибок и восстановления поврежденных при передаче данных, а также обеспечивать повышенную надежность и живучесть таких радиосетей. Созданные с учетом вышеуказанных требований радиосети повышенной надежности и живучести являются эффективным инструментом для обслуживания подвижных объектов различного назначения и основой для автоматизации процессов оперативно-диспетчерского управления на транспорте и в службах общественной безопасности. Внедрение таких сетей позволяет сформировать единое информационное пространство для совместного решения широкого круга функциональных задач стационарными и подвижными пользователями в повседневной обстановке, в чрезвычайных ситуациях и в особый период. ■